

ANÁLISE COMPARATIVA DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR PARA 14 LOCALIDADES DE CURITIBA

ROSSI, Francine Aidie (1); KRÜGER, Eduardo Leite(2)

- (1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE) / Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-PR) – Rua Governador Jorge Lacerda, 450 – CEP: 81510 - 040 - Curitiba, Paraná, Brasil – e-mail: aidie@zipmail.com.br
- (2) Engenheiro, Prof. Dr. do PPGTE – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia / Departamento de Construção Civil – Av. Sete de Setembro, 3165 – CEP: 80230-901 - e-mail: krueger@ppgte.cefetpr.br

RESUMO

Vários estudos apontam que as alterações climáticas de um determinado local ocorrem devido a atividades antrópicas. A urbanização exerce influência direta ou indireta no clima da cidade. Assim, o clima urbano é alterado pelo uso e ocupação do solo, pela emissão de poluentes devido a atividades industriais e ao tráfego de veículos, pela supressão de vegetação, pelo adensamento populacional, poluição, dentre outros fatores. Em 2002, uma pesquisa realizada pelos autores apresentou uma análise comparativa de temperatura e umidade relativa do ar entre sete localidades de Curitiba no período de um mês (junho/julho). Tal pesquisa apontou alterações climáticas em função do uso e ocupação do solo. A presente pesquisa visa dar continuação deste estudo aumentando a rede de monitoramento em sete pontos. Ao todo, foram analisados e comparados 14 pontos, sendo que os sete pontos complementares foram monitorados no mesmo período que os sete pontos iniciais (junho/julho), porém no ano de 2003. O monitoramento simultâneo dos dados foi realizado com aparelhos do tipo dataloggers da marca HOBO. Foram realizadas comparações de temperaturas médias entre os pontos monitorados, assim como a comparação entre as características de seus entornos, tendo como base de referência os dados oficiais da estação climatológica do Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR.

Palavras-chave: Conforto em espaços abertos, clima urbano, medições de temperatura.

ABSTRACT

Many studies show that local climatic alterations occur due to human activities. Urbanization brings direct and indirect influences to urban climate. Thus, urban climate is altered by land use, emissions due to industrial activities, traffic, deforestation, densification and pollution, among other aspects. In 2002, a study conducted by the authors presented a comparative analysis of air temperature and humidity, measured in 7 different locations of Curitiba during a 1-month period (June/July). This study pointed out climatic alterations due to land use patterns. The present study aims to continue the research on Curitiba's urban climate, by considering 7 other locations of the city. As a whole, 14 monitoring points were compared, 7 of these monitored during the same period of the year (June/July), although in 2003. The simultaneous monitoring was carried out with data loggers. Reference baseline for comparison was the SIMEPAR meteorological station in UFPR.

Keywords: Comfort in open spaces, urban climate, temperature measurements.

1 INTRODUÇÃO

As alterações climáticas produzidas pelas atividades humanas são conhecidas desde as civilizações grega e romana. Os primeiros estudos foram realizados por Luke Howard e Emilien Renou, em cidades na Inglaterra e França, respectivamente. Estes estudos datam do inicio do século XIX e não utilizavam dados de estações meteorológicas para diagnosticar o efeito da urbanização no clima da cidade. Londres mostrou ser 2,2°C mais quente que seus arredores e Paris 1°C mais quente (BRANDÃO, 1996). No século XX, Hann define a diferença de temperatura entre o centro da cidade e seu entorno como *Stadttemperatur*; Gordon Manley define o mesmo fenômeno como Ilha de calor (GARCIA, 1992).

No Brasil, os primeiros estudos sobre a distribuição da temperatura do ar nas cidades, começaram a ser desenvolvidos no final da década de 70. O primeiro, foi realizado para a cidade de Porto Alegre, que diagnosticou a formação de ilhas de calor na cidade com intensidade média de 5°C. O estudo feito para a cidade de São Paulo, em 1985, também aponta para a formação da ilha de calor, com intensidade de 10°C. Na década de 90, outros estudos foram realizados para as cidades do Rio de Janeiro, Londrina, Fortaleza, Belo Horizonte, dentre outras.

O processo de urbanização das cidades, com seu acelerado crescimento populacional, acarreta alterações na atmosfera urbana. Estas alterações ocorrem em função das atividades antrópicas, tais como emissão de poluentes, atividades industriais intensas, supressão da vegetação nativa, adensamento populacional, dentre outros fatores. Estas ações, direta ou indiretamente, favorecem a formação de microclimas diferenciados em diferentes localidades da cidade, ocorrendo assim o fenômeno da ‘ilha de calor’. Este clima específico gerado nas cidades é designado clima urbano.

Assim sendo, o clima urbano é definido pelo somatório dos fluxos horizontais e verticais. Sendo os horizontais compostos pelos centros de ação, massas de ar, frentes e ventos locais e os verticais: radiação solar, albedo, balanço energético e transmissividade atmosférica. Oke (1978), define o clima urbano como sendo o resultado das modificações causadas pelo processo de urbanização na superfície terrestre e nas características atmosféricas de um determinado local e Monteiro (2003, p.19) diz que “o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”.

Desta forma, é evidente que a urbanização exerce influência direta ou indireta no clima da cidade. Assim, o clima urbano é alterado pelas atividades antrópicas. Além da influência do Homem sobre o clima, o clima também influencia o Homem. Há várias maneiras através das quais o clima exerce influência sobre o ser humano: “o essencial para a vida da humanidade no planeta é especialmente o ar, a água, o alimento, o vestuário e o abrigo, que são todos dependentes das condições meteorológicas ou do tempo que lhe é inerente” (AYOADE, 2003, p. 289). O clima influencia o Homem em diversos fatores, como na saúde, no conforto, na fisiologia, nas emoções, no comportamento humano, no desempenho nas atividades diárias, devendo-se enfatizar que a influência climática pode ser tanto positiva como negativa (AYOADE, 2003).

Dentre os efeitos diretos da alteração climática está o desconforto térmico e em consequência, a redução do desempenho humano em suas atividades diárias. Como efeito indireto tem-se o aumento do consumo de energia em climatização artificial. Ao se planejar levando em consideração os aspectos climáticos de um dado lugar estes efeitos podem ser reduzidos. Desta forma, o clima é um fator determinante para o ser humano e, sendo por este modificado, deveria ser levado em consideração no que diz respeito ao planejamento urbano.

2 METODOLOGIA

A escolha da construção onde foi implantado o equipamento de medição ocorreu partindo-se de alguns princípios, tais como: a) padronização da construção onde seria implantado o equipamento de medição, ou seja, edificações com características semelhantes; b) que fosse de fácil acesso, possibilitando o controle dos equipamentos e c) que fosse segura. Desta forma, escolheu-se o Farol do Saber (Fig 1), construção implantada em vários bairros da cidade de Curitiba e que apresenta as mesmas características construtivas e a mesma planta baixa. Os Faróis estão implantados sempre ao lado de uma escola municipal ou de uma praça e neles funcionam bibliotecas e postos de internet.

Após a definição da construção, foram selecionadas 14 localidades (Fig. 3). A coleta de dados foi realizada em dois anos devido ao número de equipamentos disponíveis para a realização do monitoramento. Desta forma, sete pontos foram monitorados no período de junho/julho de 2002 e os outros sete no mesmo período (junho/julho) de 2003. Optou-se por realizar o monitoramento no mesmo período de inverno para os dois anos devido às condições sinóticas semelhantes. Para o período de inverno no Paraná, o regime de chuvas ocorre devido aos sistemas frontais, sendo registrado o menor volume de chuvas de todo o ano (SIMEPAR, 2003). Em 2002, ocorreram seis sistemas frontais (SF) e frentes frias (FF) em junho e sete SF e seis FF em julho, isto manteve as temperaturas mínimas abaixo de 10°C. Em 2003, seis SF e FF ocorreram em junho e sete SF e FF em julho. Dois dos sistemas de julho provocaram chuvas intensas, ventos forte e granizo em Curitiba (CPTEC, 2003).

Os aparelhos foram colocados nos Faróis, levando-se em consideração a fachada Sul da construção. Optou-se pela instalação do equipamento na torre do farol, a uma altura de aproximadamente 10 metros do solo (Fig. 2). Adicionalmente, revestiu-se o sensor com uma folha de alumínio, de forma que se reduzisse os ganhos de radiação de onda longa (calor).

O monitoramento ocorreu durante o período de 20 de junho a 18 de julho em 2002 e para o período de 27 de junho a 25 de julho em 2003, no total foram 29 dias de monitoramento em cada ano. Para o monitoramento, foram utilizados dataloggers do tipo HOBO H8 RH/Temp, que atendem uma faixa de temperatura de -20 a 70°C e de umidade relativa de 25 a 95%. Os aparelhos foram programados para medir a temperatura e umidade relativa a cada 15min, sendo os dados coletados integrados para uma hora. Os resultados foram então trabalhados em planilhas Excel. O período de inverno foi escolhido por ser o período de maior desconforto térmico em Curitiba.

Adotou-se como ponto de referência a estação climatológica do Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR/UFPR).



Fig. 1: Foto de um Farol do Saber



Fig. 2: Detalhe do HOBO no Farol

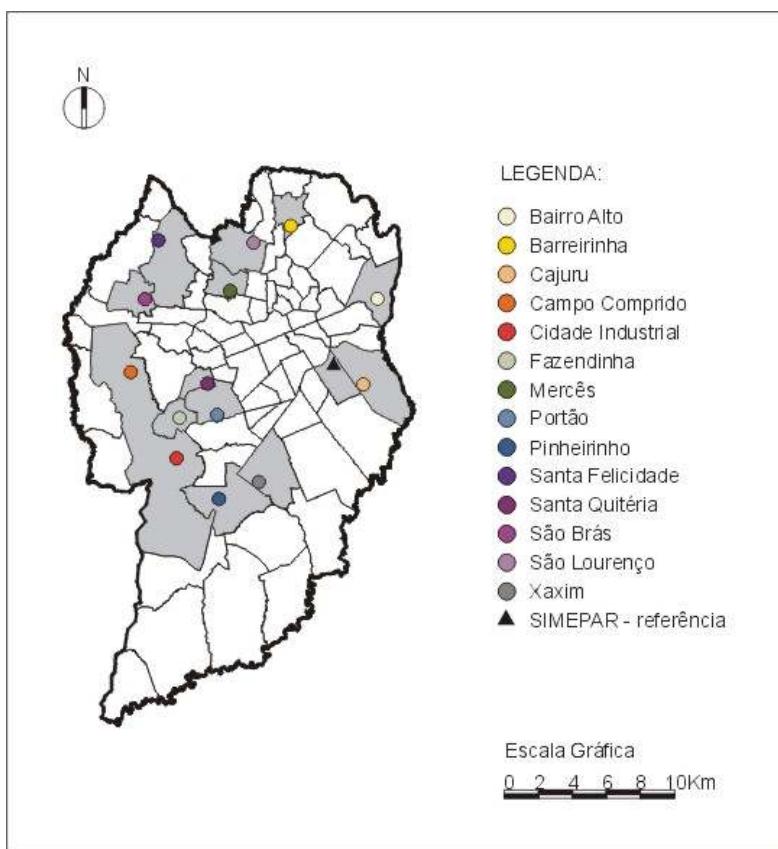


Fig. 3: Mapa das localidades

3 RESULTADOS OBTIDOS EM 2002

Em 2002, a coleta de dados, em sete localidades, ocorreu no período de 20 de junho a 18 de julho, perfazendo um total de 29 dias de monitoramento. Fez-se a análise das médias das temperaturas mínimas de todo o período (Fig. 4) e da ocupação no entorno de cada ponto monitorado. Concluiu-se que o uso e a ocupação do solo influenciam de maneira considerável a variação da temperatura, alterando o clima urbano. Tomando-se o bairro Portão como exemplo, onde se registrou a mais alta temperatura mínima ambiente, verifica-se tráfego intenso (principalmente transporte coletivo), muita área pavimentada, pouca arborização e ocupação intensa do entorno. Ao analisarmos a localidade de mais baixas médias da temperatura mínima – Cajuru – e correlacionarmos a mesma com parâmetros de uso e ocupação do solo, também confirmamos a influência desses parâmetros no clima local, visto que esta região apresenta muitas vias sem pavimentação e arborizadas, pouco tráfego e a ocupação de baixa densidade (KRÜGER & ROSSI, 2002).

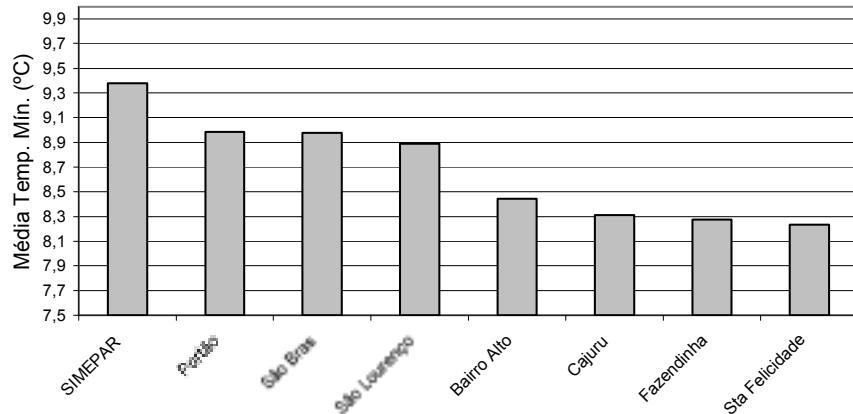


Fig. 4: Média das Temperaturas Mínimas para cada ponto monitorado em 2002

4 RESULTADOS OBTIDOS EM 2003

Para o ano de 2003, foram monitoradas sete localidades no período de 27 de junho a 25 de julho, perfazendo 29 dias de coleta de dados. Foi feita a análise das médias das temperaturas mínimas e da ocupação do entorno de cada localidade monitorada, bem como a influência da ocupação na variação das temperaturas mínimas.

Para as sete localidades monitoradas, foram obtidas 696 horas de dados de temperatura, correspondentes aos 29 dias de coleta de dados. A análise das médias das temperaturas mínimas mostrou que os bairros Xaxim e Cidade Industrial apresentaram as menores médias em comparação com Campo Comprido e Mercês, que mostraram as maiores médias (Fig. 5).

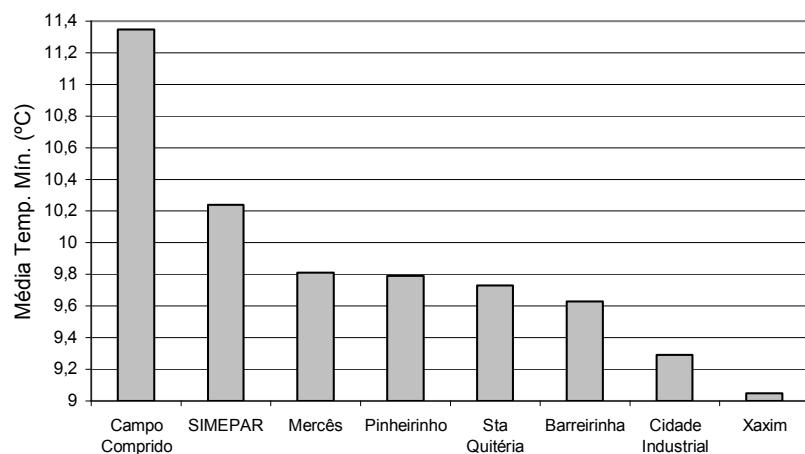


Fig. 5: Média das Temperaturas Mínimas para cada ponto monitorado em 2003

5 COMPARAÇÕES

5.1 Média das temperaturas mínimas

As figuras 4 e 5 mostram que a variação das temperaturas médias mínimas ficou em torno de 8,0°C e 11,4°C. A localidade que apresentou maior média foi o bairro do Campo Comprido, cuja principal ocupação são edifícios de habitações de até 4 pavimentos, com uma densidade de ocupação alta e tráfego intenso, por situar-se em um eixo de ligação da cidade.

Ao se comparar os outros pontos, percebe-se que a média ficou abaixo dos 10°C, conforme os sistemas atmosféricos atuantes neste período. Desta forma, as localidades que apresentaram as menores médias foram o Cajuru, Fazendinha e Santa Felicidade, com médias abaixo de 8,31°C, em 2003. Tendo as demais localidades variações entre 8,4°C e 10°C.

Ao analisar os dados obtidos para os dois anos, observa-se que o padrão de aumento de temperatura tem forte ligação com o uso e a ocupação do solo (Fig. 6). Nos dois casos, as localidades que apresentaram médias mais baixas são bairros que não estão totalmente ocupados, apresentando muita área livre ou com vegetação, como é o caso dos bairros Cajuru, Fazendinha e Santa Felicidade. A maior diferença de temperatura entre o ponto de referência e a localidade monitorada foi no Campo Comprido, que também apresentou a maior média das mínimas. Nota-se que em 2002, o ponto de referência – SIMEPAR – apresentou a maior média das mínimas e que em 2003, manteve a maior média só sendo menor que o Campo Comprido que apresentou uma média bem acima das outras localidades.

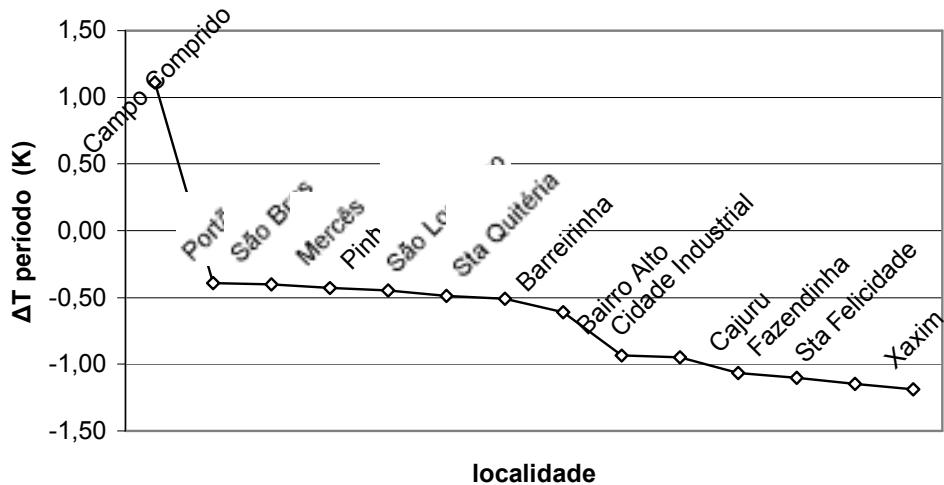


Fig. 6: Diferença entre as médias das temperaturas mínimas das localidades e as do SIMEPAR para ambas as etapas de monitoramento

5.2 Representação gráfica dos parâmetros de uso e ocupação do solo

Para este artigo, tomou-se seis localidades como exemplo para mostrar como foi feito o procedimento da análise de ocupação do solo para cada ponto (Fig. 8). Para cada localidade monitorada foram obtidas as fotos aéreas correspondentes, em escala 1:8000 e foi feito o georeferenciamento das mesmas no software ArcGis. Estabeleceu-se a área de 1 km² ao redor de cada Farol do Saber para análise da ocupação urbana e, na sequência, foram quantificadas cinco categorias em cada uma das fotos. Este procedimento foi realizado no AutoCad e as categorias selecionadas para quantificação foram: área verde (matas e bosques), área construída, área pavimentada (área impermeável), área livre (gramados, plantações e terra batida) e área água (piscinas, rios, córregos e lagos). Após a vetorização de cada categoria em AutoCad, os arquivos foram trabalhados no software ArcView, onde foram quantificadas as áreas em metros quadrados e porcentagens, assim como a apresentação final de cada localidade.

Os percentuais obtidos foram então utilizados na comparação entre as médias das temperaturas mínimas de cada local e suas características de uso e ocupação do solo (Tab. 1 / Fig. 7).

Tab. 1: Porcentagens de ocupação do solo em seis localidades de Curitiba

	2002			2003		
	Cajuru (%)	Fazendinha (%)	Santa Felicidade (%)	Mercês (%)	Santa Quitéria (%)	Xaxim (%)
Área Água	0,00	0,58	0,10	0,09	0,01	0,52
Área Construída	32,95	20,60	13,84	19,84	27,88	26,29
Área Livre	42,70	45,31	60,34	44,57	39,13	38,24
Área Pavimentada	22,91	26,02	13,82	20,79	25,69	32,48
Área Verde	1,44	7,49	11,90	14,72	7,29	2,47

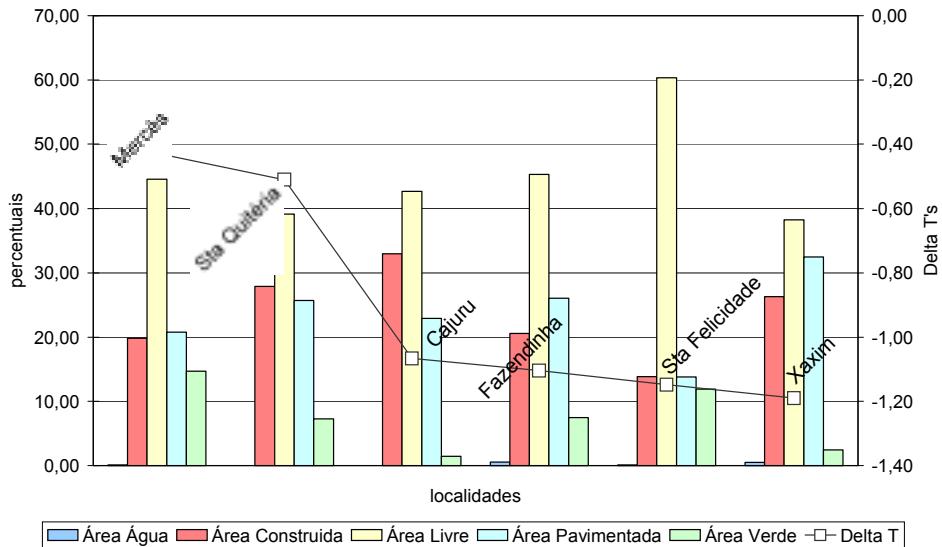


Fig. 7: Comparação entre as médias das temperaturas mínimas de cada local e suas características de uso e ocupação do solo

A Fig. 7 parece indicar uma relação entre percentual de área livre e maior diferença para menos a partir da base de referência SIMEPAR. No entanto, os demais percentuais, principalmente os de área de vegetação (Área Verde) não apresentaram relação direta com o aumento do Delta T para baixo. O procedimento deverá ser realizado para os demais pontos, o que poderá contribuir para uma maior convergência dos resultados. Contudo, possivelmente a relação do Delta T com as características do entorno de cada ponto segue um padrão multivariado, uma vez que apenas pela ação conjunta de todos os percentuais obtidos se poderá ter alguma noção do clima local.

6 CONCLUSÕES

A análise de dois anos distintos em um mesmo período de monitoramento foi possível de ser realizada, pois as condições sinóticas de período foram semelhantes. Ao se analisar os dados obtidos para os dois anos, observou-se que o padrão de aumento de temperatura tem forte ligação com o uso e a ocupação do solo. Para os dois anos, as localidades que apresentaram médias mais baixas são bairros que não estão totalmente ocupados, apresentando muita área livre ou com vegetação, como é o caso dos bairros Cajuru, Fazendinha e Santa Felicidade. A análise dos percentuais de uso e ocupação do solo, no entanto, não apresentou relações fortes dos índices quando comparados individualmente com as temperaturas locais.

Este estudo comprovou a influência de parâmetros de uso e ocupação do solo no microclima local, através de levantamento de temperaturas locais e na análise de seus parâmetros de uso e ocupação do solo. Os resultados obtidos apontam para relações entre esses parâmetros e as temperaturas obtidas, algo já inferido na análise qualitativa de cada região. A análise de relações multivariadas entre esses fatores poderá indicar melhores correlações e, assim, poder-se-ia desenvolver modelos matemáticos (e, a partir deles, instrumentos legais) que fornecessem para cada região percentuais ótimos de área verde, área construída, área pavimentada, área livre e área águia.

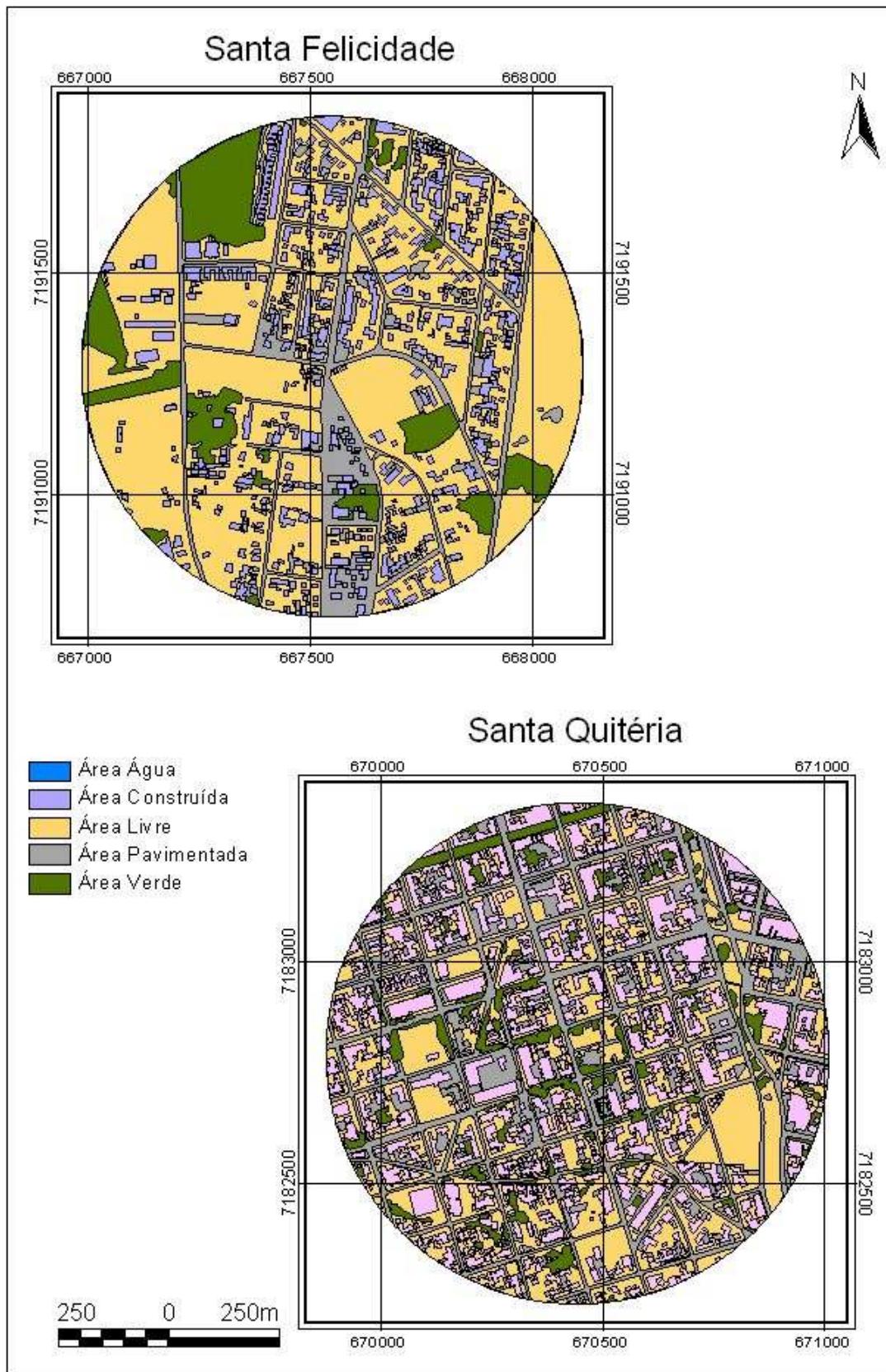


Fig. 8: Ocupação do solo de Santa Felicidade e Santa Quitéria

REFERÊNCIAS

- AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. 9a. ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand, 2003.
- BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. São Paulo, 1996. 362 f. Tese (Doutorado em Geografia). Departamento de Geografia, FFLCH/USP.
- COMECA - Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. Mapa de Arruamento da Região Metropolitana de Curitiba. Curitiba: COMEC, 2001.
- CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Climanálise**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise>> Acesso em: 02 de novembro de 2003.
- GARCÍA, M. del C. M. Estudio del clima urbano de barcelona: la “isla de calor”. Barcelona, 1992. 193 f. Tese. Departamento de Geografía Física e Análise Geográfica Regional, Universidade de Barcelona.
- KRÜGER, E. L.; ROSSI, F. A. Distribuição de temperaturas externas em localidades da Região Metropolitana de Curitiba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 5., 2002, Curitiba, *Anais...* Curitiba: UFPR, 2002. p. 354-363
- MONTEIRO, C. A. (org.) et alii. Clima Urbano. São Paulo: Contexto, 2003.
- OKE, T. Boundary layer climates. London: Methuen & Co. Ltd, 1978.
- SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná. **Resumo da Previsão climática para o inverno/2003**. Disponível em: <www.simepar.br/tempo/capital/index.html> Acesso em: 02 de novembro de 2003.